Aus dem Institut für Leistungsmedizin, Berlin

Untersuchung zur Bestimmung der PWC_{170} mit unterschiedlichen Leistungsstufen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Charoentasn Chintanaseri

aus Bangkok

1973

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552710_0048

Aus dem Institut für Leistungsmedizin, Berlin

Untersuchung zur Bestimmung der PWC_{170} mit unterschiedlichen Leistungsstufen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Charoentasn Chintanaseri

aus Bangkok

Referent: Prof. Dr. H. Stoboy

Korreferent: Prof. Dr. H. Mellerowicz

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin.

UNIV. LEIDEN BIBL.

Promoviert am: 5. 11. 1973

1. Einleitung und Begründung

2. Methodik

2.1 Untersuchungsgut
2.2 Untersuchungsbedingungen und Versuchsablauf
2.3 Meßgeräte
2.4 Messung der ergometrischen Leistung
2.5 Messung der Herzschlagfrequenz
2.6 Statistische Methodik
2.7 Kritik der Methodik

3. Ergebnisse

3.1 Übersicht in Tabellenform
3.2 Graphische Darstellung

4. Beurteilung der Ergebnisse

5. Zusammenfassung

6. Literatur

1. Einleitung und Begründung

Der Begriff "Gesundheit" beinhaltet nicht nur, daß ein Mensch frei von Krankheit ist, sondern bedeutet auch, daß er "leistungsfähig" ist. Aber gerade die Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit unterliegt bei normaler klinischer Untersuchung sehr stark subjektiven Kriterien von seiten des Untersuchers und des Patienten. Will man diese Gefahr ausschließen, so kann man sich einer ergometrischen Methode, die die Möglichkeit, die körperliche Leistungsfähigkeit exakt in physikalischen Meßgrößen auszudrücken, bedienen.

Eine große Anzahl verschiedener ergometrischer Testverfahren wurde entwickelt, deren Beurteilung auf zwei Grundlagen basiert, entweder auf absoluten Parametern (z. B. maximale O_2-Aufnahme, maximale Leistungsherzschlagfrequenz, Herzschlagfrequenz bei einer fixierten submaximalen Leistung, maximale O_2-Schuld u. a.) oder auf bestimmter Korrelation (z. B. indirekte O_2-Aufnahme nach ASTRAND, PWC_{170} nach WAHLUND, Leistungs-Puls-Index nach MÜLLER u. a.).

Jede Methode hat ihre eigenen Vor- und Nachteile in bezug auf die Genauigkeit, Vergleichbarkeit, Schädlichkeit, den Zeitaufwand u. a.. Eine dieser Methoden, die in Klinik und Praxis Verwendung finden kann, ist die Bestimmung der PWC_{170}. Diese erlaubt aufgrund der gesicherten Linearität zwischen dem Verhalten der Herzschlagfrequenz und der stufenförmig ansteigenden ergometrischen Leistung im submaximalen Bereich eine Aussage über die cardio-corporale Leistungsbreite. Die PWC_{170} gibt in international gebräuchlichen Leistungsgrößen, nämlich mkp/min bzw. Watt, die Leistung an, die ein Proband bei einer Herzschlagfrequenz von 170/min leistet oder leisten würde.

Die PWC_{170} wird von verschiedenen Autoren mit unterschiedlichen Leistungsstufen ermittelt. Um während der Leistung eine "steady state"-Herzschlagfrequenz zu gewährleisten, empfehlen einige Autoren 6-minütige Leistungsstufen (17, 18 u. a.), deren Nachteile in großem Zeitaufwand liegen. Verwendet man 2-minütige Leistungsstufen, so stellt sich die Frage, ob die hiermit ermittelte PWC_{170} weniger genau ist, da die Herzschlagfrequenz am Ende jeder Leistungsstufe noch nicht ganz einen "steady state"-Wert erreicht hat.

Die Hauptaufgabe dieser Arbeit war, herauszufinden, ob die mit 6-minütigen Leistungsstufen ermittelte PWC_{170} und die mit 2-minütigen Leistungsstufen ermittelte PWC_{170} eines großen Untersuchungsgutes in ihren Endergebnissen differiert, und wenn ja, in welchem Maß.

2. Methodik

2.1 Untersuchungsgut

Es wurden 30 männliche Versuchspersonen verschiedener Berufszweige im Alter von 16 - 38 Jahren untersucht. Der anamnestisch angegebene Trainingszustand reichte von untrainiert bis mäßig trainiert. Es überwogen die Untrainierten. Nach einer gründlichen Allgemeinuntersuchung einschließlich Ruhe-Elektrokardiogramm und sorgfältiger Erhebung der Anamnese ergab sich besonders für Herz und Kreislauf kein Hinweis für ein pathologisches Geschehen.

Die Versuchspersonen wurden willkürlich in zwei Gruppen à 15 Personen unterteilt. Die von ihnen erhobenen Daten sind in der Tabelle I zusammengefaßt.

2.2 Untersuchungsbedingungen und Versuchsablauf

Bei den Untersuchungen wurde stets Fußkurbelarbeit im Sitzen geleistet. Bei den Versuchspersonen wurde mit Hilfe zweier ergometrischer Methoden, deren Unterschied in verschiedenen Leistungsstufen lag, die PWC_{170} ermittelt.

Methode A: Ermittlung der PWC_{170} mit Hilfe von 4 zweiminütigen Leistungsstufen. Die Anfangsleistung wurde nach MELLEROWICZ, wie in 2.4 näher beschrieben, gewählt. Danach wurde mit Steigerungsstufen von 25 Watt/2 Minuten ansteigend belastet. Die Gesamtdauer des Versuches war demnach 8 Minuten.

Methode B: Ermittlung der PWC_{170} mit 2 sechsminütigen Leistungsstufen. Für die 1. sechsminütige Leistungsstufe wurde die Anfangsleistung, wie in 2.4 näher beschrieben, gewählt. Danach wurde für weitere 6 Minuten um 50 Watt gesteigert. Die Gesamtdauer der Untersuchung betrug demnach 12 Minuten.

Tabelle I

Gruppe I				Gruppe II			
Name	Alter	Gewicht kg	Größe cm	Name	Alter	Gewicht kg	Größe cm
1. R. Wo.	26	76,0	182	1. W. M.	37	68,0	171
2. K. W.	24	65,0	174	2. I. W.	36	67,0	167
3. W. D.	21	66,0	172	3. E. S.	25	68,5	174
4. M. G.	24	82,0	186	4. W. Z.	24	71,0	185
5. A. H.	18	62,5	177	5. V. S.	17	67,5	180
6. F. K.	18	71,0	169	6. J. M.	16	58,5	167
7. B. U.	21	69,0	176	7. J. H.	18	68,0	185
8. J. S.	19	75,5	182	8. W. S.	17	63,0	171
9. R. Z.	18	65,5	179	9. R. We.	29	74,0	180
10. K. S.	19	65,5	172	10. M. N.	31	71,0	173
11. C. T.	35	82,0	180	11. U. H.	24	57,0	159
12. S. S.	32	62,0	173	12. Y. V.	33	65,0	172
13. M. R.	37	64,0	167	13. G. G.	33	70,0	178
14. C. C.	32	57,0	167	14. G. B.	38	81,0	182
15. I. F.	29	82,0	188	15. E. L.	37	72,5	180
Mittelwert	24,9	69,7	176,3	Mittelwert	27,7	68,1	174,9

Mittelwert der 30 Versuchspersonen:

Alter: 26,3
Gewicht: 68,9 kg
Größe: 175,6 cm

Die "Leistungsumsatz bedingungen bei ergometrischer Untersuchung" nach der Vereinbarung des Standardisierungskomitees für Ergometrie im ICSPE wurden eingehalten.

Um weder die Methode A noch die Methode B bei der vergleichenden Untersuchung durch Gewöhnung zu begünstigen, wurden die Probanden in zwei Gruppen eingeteilt. Bei den 15 Versuchspersonen der Gruppe I wurde stets zunächst mit der Methode A die PWC_{170} ermittelt. Die Versuchspersonen der Gruppe II begannen stets mit der Methode B.

Vor dem ersten Test wurde die Ruhe-Herzschlagfrequenz im Sitzen gemessen. Zwischen den zwei Untersuchungsgängen wurde eine Erholungszeit von mindestens 30 Minuten eingehalten, nach deren Ende die Ruhe-Herzschlagfrequenz erneut gemessen wurde. Nur wenn diese gemessene Ruhe-Herzschlagfrequenz mit dem ersten Wert nahezu identisch war, wurde mit dem zweiten Test begonnen. War jedoch die Herzfrequenz zu hoch, so wurde die Erholungszeit verlängert und die Herzfrequenz im Abstand von jeweils 5 Minuten gemessen, solange, bis der Ausgangswert erreicht war.

Die Ruhe-Herzfrequenz im Sitzen vor Beginn der Methode A und B sowie deren Mittelwerte sind der Tabelle II zu entnehmen.

Um die Umweltbedingungen während der vergleichenden Untersuchung der zwei Methoden A und B nahezu konstant zu halten, wurde im Untersuchungsraum stets die Temperatur, der Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit unmittelbar vor jedem Test kontrolliert. Während der Zeit der gesamten Untersuchungen schwankte das Raumklima in folgenden Grenzen:
Temperatur: 20 - 24° C, relative Luftfeuchtigkeit: 50 - 58 %, Luftdruck: 756 - 776 mmHg. Bezogen auf die einzelne Versuchsperson betrug der höchste Unterschied 1° C für die Temperatur, 3 % für die relative Luftfeuchtigkeit und 3 mmHg für den Luftdruck.

Tabelle II

Gruppe I	Ruhe-Herzschlagfrequenz im Sitzen/min		Gruppe II	Ruhe-Herzschlagfrequenz im Sitzen/min	
	vor A	vor B		vor A	vor B
1. R. Wo.	58	57	1. W. M.	63	65
2. K. W.	68	69	2. I. W.	70	68
3. W. D.	61	56	3. E. S.	78	77
4. M. G.	72	76	4. W. Z.	70	72
5. A. H.	83	79	5. V. S.	72	72
6. K. F.	72	73	6. J. M.	69	69
7. B. U.	64	65	7. J. H.	68	67
8. J. S.	56	60	8. W. S.	82	85
9. R. Z.	68	69	9. R. We.	62	64
10. K. S.	75	68	10. N. N.	58	58
11. C. T.	95	92	11. U. H.	83	81
12. S. S.	87	86	12. Y. V.	72	73
13. M. R.	79	79	13. G. G.	62	63
14. C. C.	71	72	14. G. B.	57	55
15. I. F.	60	59	15. E. L.	74	72
Mittelwert	71,3	70,7	Mittelwert	69,3	69,4

Mittelwert der 30 Versuchspersonen:

vor A: 70,3 Schläge/min

vor B: 70,0 Schläge/min

2.3 Meßgeräte

2.3.1 Ergometer

Zur ergometrischen Untersuchung diente ein mechanisch gebremstes Monark-Fahrrad-Ergometer nach Astrand. Zur Bremsung des Schwungrades dient ein Bremsriemen. Er umläuft den größten Teil des Schwungradumfanges und ist auf der Pendeltrommel oben punktförmig angeschraubt, der Drehachse des aus Pendeltrommel, Pendelarm und Pendelgewicht zusammengesetzten, in sich starren Pendels der Pendelwaage. Das Pendel hängt im Ruhezustand senkrecht und wird bei Zug am angeschraubten Bremsriemen ausgelenkt. Die Auslenkung und damit die Zugkraft ist an der in Kilopond geeichten Skala ablesbar.

Die Sattelhöhe und die Lenkerstellung lassen sich leicht verändern und in der gewünschten Stellung fixieren.

2.3.2 EKG-Gerät

Zur Aufzeichnung der Herzschlagfrequenz diente das EKG-Gerät der Firma Hellige, Freiburg, vom Typ Simpliscriptor T 20. Es handelt sich um einen tragbaren Einkurvenelektrokardiographen, der durch eine eingebaute Batterie netzunabhängig ist. Er verfügt über zwei Papiertransportgeschwindigkeiten, nämlich 25 und 50 mm pro Sekunde.

2.3.3 Stoppuhr

Um die vorgegebenen Zeiten exakt einzuhalten, wurde eine geeichte Stoppuhr verwendet.

2.3.4 Metronom

Um den Probanden das exakte Einhalten von 50 Umdrehungen/min zu erleichtern, wurde als exakter Taktgeber ein Metronom verwendet.

2.4 Messung der ergometrischen Leistung

Mit Hilfe des Monark-Ergometers wurde stets Fußkurbelarbeit im Sitzen geleistet. Dabei wurde die Sattelhöhe so eingestellt, daß bei ausgestrecktem Bein der auf dem Pedal aufliegende Fuß einen Winkel von 90 - 120° (von der Tibiakante) zum Unterschenkel bildete. Die Drehzahl betrug stets 50 Umdrehungen pro Minute und wurde mit Hilfe eines Metronoms genau vorgegeben.

Die ergometrische Leistung wurde aufgrund folgender Gesetzmäßigkeiten in mkp ausgedrückt:

Leistung = Arbeit pro Zeiteinheit.
Arbeit = Bremskraft x Weg.
Leistung = Bremskraft x Weg pro Zeiteinheit.

Die Bremskraft für das Monark-Ergometer ist einer in Kilopond geeichten Skala zu entnehmen. 1 Kilopond (kp) ist die Krafteinheit, die zur Unterscheidung vom Kilogramm als Masseeinheit eingeführt wurde, und bezieht sich auf die Kraft einer Masse von 1 kg bei der Norm Erdbeschleunigung von 981 cm/sec.

Bei einer Tretkurbelumdrehung beschreibt ein Punkt auf der Reibfläche des Schwungrades einen Weg von 6 Metern. Wird beispielsweise eine Bremskraft von 1 kp eingestellt, so vollbringt der Proband bei einer Tretkurbelumdrehung eine Arbeit von 6 mkp. Bei der hier verwendeten Umdrehungszahl von 50 Umdrehungen pro Minute ergibt sich daraus eine Leistung von 6 x 50 = 300 mkp/min oder 300 : 60 = 5 mkp/sec.

Es wird bei ergometrischen Untersuchungen vorgeschlagen, die Leistung mit Hilfe des Dekadensystems auszudrücken (MELLEROWICZ: Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung. 1. Internationales Seminar für Ergometrie, Berlin 1965).

Die schwedischen Autoren benutzen als Meßgröße ergometrischer Leistungen mkp/min. Dieser Wert läßt sich leicht in Watt umrechnen: 1 mkp/sec = 9, 81 Watt, abgerundet 10 Watt.
300 mkp/min entsprechen abgerundet 50 Watt.
Eine Leistung von 50 Watt ist somit unter den genannten mechanischen Voraussetzungen das Produkt der Bremskraft von 1 Kilopond mit der Drehzahl von 50 Umdrehungen pro Minute. Benutzt man die konstante Drehzahl von 50 Umdrehungen pro Minute, so ergibt sich für die Bremskraft von 1 1/2 kp eine Leistung von 75 Watt, für 2 kp von 100 Watt, für 2 1/2 kp von 125 Watt usw.

Die Anfangsleistung der Methoden A und B wurde nach folgenden Kriterien ausgewählt:

(1) Die erwartete Leistungsfähigkeit nach Vorschlägen von MELLEROWICZ zur Standardisierung der ergometrischen Leistung (14): "Bei Versuchspersonen, bei denen eine normale Leistungsfähigkeit zu erwarten ist, wird in jedem Fall mit 50 Watt begonnen. Bei Personen, bei denen eine erhöhte Ausdauerleistungsfähigkeit zu erwarten ist, kann mit einer Leistung von 100 Watt begonnen werden."

(2) Bei Versuchspersonen, deren Leistungsfähigkeit nicht vorausgesehen werden kann, kann mit einer Leistung von ungefähr 1 Watt/kg Körpergewicht begonnen werden.

(3) Bei der Auswahl der Anfangsleistung des jeweils 2. Tests wurde die Anfangsleistung des 1. Tests berücksichtigt. Die Anfangsleistung des 2. Tests entsprach immer dann der Anfangsleistung des 1. Tests, wenn die entsprechende Leistungsherzschlagfrequenz über 90 Herzschläge pro Minute lag. Ergaben sich jedoch Leistungsherzschlagfrequenzen von über 120, so wurde die Anfangsleistung des 2. Tests um 25 Watt gesenkt, damit die

letzte Leistungsstufe keine zu große Beanspruchung für den Probanden darstellte. Die verwendeten Leistungsstufen jeder einzelnen Versuchsperson sind in der Tabelle III a und der Tabelle III b dargestellt.

Bei allen ergometrischen Untersuchungen wurden die Leistungsumsatzbedingungen nach Vereinbarung des Standardisierungskomitees für Ergometrie im ICSPE eingehalten.

" a) Die Ernährung vor dem Untersuchungstag ist möglichst wenig zu ändern. Am Untersuchungstage ist bis 3 Stunden vor der Untersuchung eine kleine Kohlenhydratmahlzeit erlaubt (2 Schnitten mit Aufstrich und 1 Glas Getränk, z. B. Wasser, Fruchtsaft, Milch).

b) Am Vortage sind größere physische und psychische Beanspruchungen, am Untersuchungstage auch kleine körperliche sowie andere Beanspruchungen vor der Untersuchung zu vermeiden, weil sie den Leistungsumsatz bei ergometrischen Untersuchungen verändern können.

c) Vor der Untersuchung ist dem Probanden der Gang der Untersuchung zu erklären. Er ist möglichst zu beruhigen. Außenreize sind weitmöglichst abzuschalten, z. B. Lärm, Unterhaltung, Zugluft, Blick auf verkehrsreiche Straße usw., überflüssige Personen sind zu entfernen.

d) Vor Beginn der Untersuchung soll der Proband minimal 10 Minuten sitzend, besser liegend, ruhen.

e) Die Raumtemperatur soll möglichst + 18 bis + 22° C betragen und + 16 bis + 24° C nicht überschreiten bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 %. Bei höheren Temperaturen und höherer Luftfeuchtigkeit sind entsprechende Korrekturfaktoren zu berücksichtigen. An heißen Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit sind ergometrische Untersuchungen möglichst zu unterlassen.

f) Bei der Untersuchung soll aus thermoregulatorischen Gründen nur eine kurze Hose getragen werden.

g) Alle Medikamente, auch Genußmittel wie Kaffee, Tee und Nikotin sind am Untersuchungstage, Medikamente mit länger anhaltender Wirkung auch bereits an den Vortagen zu vermeiden. Erforderliche Medikamente sind im Untersuchungsprotokoll zu vermerken.

h) Die Tageszeit der ergometrischen Untersuchung ist anzugeben. Bei wiederholten vergleichenden Untersuchungen ist möglichst die gleiche Tageszeit zu wählen, weil ja die Leistungsfunktionen sich im Laufe des Tages verändern.

i) Ungewöhnliche Verhältnisse sind auf dem Untersuchungsprotokoll zu vermerken."

2.5 Messung der Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenz wurde mit Hilfe einer EKG-Registrierung ermittelt. Um die Verzerrung der EKG-Registrierungen durch Muskelbewegung während der Untersuchung möglichst gering zu halten, wurde nach Vorversuchen folgendes Ableitungsschema gewählt. Eine Elektrode wurde in der Medioclavikularlinie unmittelbar unterhalb des Schlüsselbeins, die andere Elektrode über der Herzspitze und die Erdungselektrode in der Axillarlinie handbreit über der Beckenschaufel aufgeklebt.

Die Registrierung erfolgte mit einer Transportgeschwindigkeit von 25 mm/sec. Die Ruhefrequenz wurde jeweils 10 Sekunden vor Beginn beider Methoden aufgezeichnet. Für die Methode A erfolgte die Registrierung der Leistungs-Herzschlagfrequenz jeweils zwischen der 50. und 60. Sekunde am Ende jeder Minute. Für die Methode B wurde ebenso verfahren, jedoch nur am Ende der 4., 5. und 6. Minute jeder Leistungsstufe.

Zur Auswertung des EKG-Streifens diente ein Meßlinealkardiometer der Firma Siemens vom Typ D. Dieser ermöglicht die Ermittlung der Herzschlagfrequenz in der Art und Weise, daß man bei einer Transportgeschwindigkeit von 50 mm/sec den Abstand dreier R-Zacken mißt. Obwohl die Transportgeschwindigkeit 25 mm/sec betrug, wurde die Skala für 50 mm/sec wegen der geringeren Fehlerbreite benutzt. Allerdings mußte in diesem Falle der Abstand von 6 R-Zacken anstelle von 3 R-Zacken gemessen werden. Zur Ermittlung der PWC_{170} mit Hilfe der Methode A wurde jeweils die Leistungs-Herzschlagfrequenz der 2. Minute jeder Leistungsstufe verwendet. Für die Methode B wurde jeweils der Mittelwert der Leistungs-Herzschlagfrequenz der 5. und 6. Minute verwertet.

2.6 Statistische Methodik

Der statistischen Berechnung lagen folgende Formeln zugrunde:

a) Arithmetischer Mittelwert $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots\ldots x_n}{n}$$

b) Standardabweichung s

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma (x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

c) Mittlerer Fehler des Mittelwertes s_M

$$s_M = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

d) Mittlere Abweichung der Differenz $s_{Diff.}$

$$s_{Diff.} = \sqrt{s_{M_1}^2 + s_{M_2}^2}$$

e) Signifikanz der Mittelwertdifferenzen (nach t-Test)

$$t = \frac{M_1 - M_2}{s_{Diff.}}$$

Dann p-Werte aus der t-Verteilungstabelle entnehmen (FREUDENBERG, 9, S. 312)

p = Irrtumswahrscheinlichkeit

Entsprechend dem Vorschlag von FREUDENBERG (9) wird die Signifikanz folgendermaßen unterteilt:

$p > 0,05$: nicht signifikant

$0,005 < p < 0,05$: wahrscheinlich signifikant

$p < 0,005$: sicher signifikant

2.7 Kritik der Methodik

2.7.1 Kritik am Untersuchungsgut

Da die PWC_{170} eine Aussage über die aerobe Leistungsfähigkeit aller gesunden Probanden erlaubt, wurden Versuchspersonen verschiedenen Alters, verschiedener Berufe und verschiedenen Trainingszustandes ausgewählt. Jeweils vor den Untersuchungen wurden die Probanden nach der Einhaltung folgender Leistungsumsatzbedingungen gefragt: Nach der Ernährung, nach den physischen und psychischen Beanspruchungen, nach Medikamenten und Genußmitteln, die sie am Vortage oder am Tage der Untersuchung zu sich genommen hatten. Nur bei den Probanden, die die Leistungsumsatzbedingungen exakt eingehalten hatten und bei denen die gründliche körperliche Untersuchung in Verbindung mit einer sorgfältig erhobenen Anamnese keine Hinweise auf ein pathologisches Geschehen ergaben, wurde die PWC_{170} ermittelt.

2.7.2 Kritik an den Untersuchungsbedingungen und dem Versuchsablauf

Um die Bevorteilung irgendeiner Methode durch Gewöhnung auszuschließen, begannen jeweils 15 Probanden mit der Methode A und jeweils 15 Probanden mit der Methode B. Obwohl die Gruppenverteilung rein willkürlich erfolgte, ergaben sich trotzdem für beide Gruppen annähernd gleiche Werte in bezug auf das Alter, das Gewicht und die Größe. Um für beide Methoden gleiche biologische Ausgangsbedingungen zu schaffen, wurde eine optimale Erholungszeit eingehalten, d. h., es wurde erst dann mit dem 2. Test begonnen, wenn die Ruhe-Herzschlagfrequenz annähernd dem Ausgangswert vor dem 1. Test entsprach.

Die durchschnittlichen Ausgangswerte vor dem Test A und B waren nahezu identisch (70, 3 Schläge/min für Methode A, 70, 0 Schläge/min für Methode B). Die Temperatur, der Luftdruck, die relative Luftfeuchtigkeit im Untersuchungsraum lagen stets im Bereich der international definierten Leistungsumsatzbedingungen. In bezug auf eine Untersuchungsperson waren die Differenzen, wie schon oben erwähnt, äußerst gering.

2. 7. 3 Kritik an den Meßgeräten und deren Handhabung

Vor Beginn des gesamten Experimentes wurde die Bremskraftskala des verwendeten Monark-Ergometers geeicht, und zwar mit Eichgewichten von 1 - 4 kg. Jeweils am Untersuchungstage wurde der Nullpunkt der Skala bei lockerem Bremsriemen und die Funktionstüchtigkeit des Ergometers überprüft. Da die ökonomischen Drehzahlen für ergometrische Untersuchungen mit Fußkurbelarbeit im Sitzen in der Zahl noch nicht standardisiert sind, wurde, dem Vorschlag Astrands für den submaximalen Bereich folgend, für alle verwendeten Leistungsstufen mit 50 Umdrehungen pro Minute gearbeitet. Außerdem erlaubt die konstante Drehzahl von 50 Umdrehungen eine Vereinfachung für den Untersuchungsablauf, da bei einer Steigerung nur die Bremskraft verändert werden muß.

Das verwendete EKG-Gerät war batteriebetrieben und somit unabhängig von der Netzspannung. Der Ladungszustand der Batterie wurde vor Gebrauch stets getestet und im Bedarfsfall verbessert. Ebenfalls wurde stets mit Hilfe einer Stoppuhr und der Verwendung zweier Eichzacken die Transportgeschwindigkeit kontrolliert.

Die Registrierung der Herzschlagfrequenz erfolgte, wie bereits beschrieben, zwischen der 50. und 60. Sekunde am Ende der zu bestimmenden Minute. Da nach Einschaltung des Gerätes der Transport erst nach 4 Sekunden begann, wurden somit nur die letzten 6 Sekunden der Meßminute zur Ermittlung der Herzschlagfrequenz verwendet. Setzt man einen konstanten Herzschlagrhythmus voraus, wie es bei allen Probanden der Fall war, so ist die Auswertung des EKG-Streifens mit Hilfe des Meßlineal-kardiometers nur mit einer geringen Fehlerbreite behaftet. Liegt die Herzschlagfrequenz unter 100 Schlägen pro Minute, so liegt die Fehlerbreite unter $\pm$ 0,5 Schlag/min. Bei einer Herzschlagfrequenz von 100 - 180 Schlägen/min liegt die Fehlerbreite nicht über $\pm$ 1, sorgfältige Auswertung vorausgesetzt.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Übersicht in Tabellenform

3.1.1 Tabelle III a enthält die für die entsprechende Wattzahl gemessene Herzschlagfrequenz der Methode A und B der Gruppe I, bei der stets mit der Methode A begonnen wurde.

Tabelle III b zeigt das Entsprechende für die Gruppe II, bei der stets mit der Methode B begonnen wurde.

3.1.2 Tabelle IV a gibt die PWC_{170} der Gruppe I für Methode A und B in Watt und in Watt/kg Körpergewicht sowie die Differenz in Prozenten an.

Tabelle IV b zeigt das Entsprechende für die Gruppe II.

3.1.3 Tabelle V. Aus ihr kann man die Mittelwerte der PWC_{170} in Watt, Watt/kg Körpergewicht und deren Standardabweichungen für die Methode A und B von der Gruppe I, Gruppe II und beiden Methoden gemeinsam entnehmen.

3.2 Graphische Darstellung

3.2.1 Abbildung I zeigt das verwendete Diagramm und die Ermittlung der PWC_{170} für die Methode A und B bei einem Probanden. Auf der Ordinate ist die Herzschlagfrequenz/min und auf der Abszisse die Leistung in Watt aufgetragen. Bei der Herzschlagfrequenz von 170 ist eine Parallele zur Abszisse eingezeichnet, deren Schnittpunkt mit der durch die ermittelten Meßdaten gelegten Gerade die PWC_{170} angibt.

3.2.2 Abbildung II stellt die PWC_{170}-Geraden von 15 Probanden in einem Diagramm dar, und zwar für die Gruppe I (Methode A vor B).

3.2.3 Abbildung III entspricht Abbildung II, nur für die Gruppe II (Methode B vor A).

3.2.4 Abbildung IV stellt die PWC_{170}-Geraden mit ihren Standardabweichungen aller Untersuchungspersonen (Gruppe I und Gruppe II gemeinsam) für Methode A und B in einem Diagramm dar.

Die aus 30 Personen gemittelten PWC_{170}-Geraden, wie sie den Abbildungen II, III und IV zu entnehmen sind, wurden auf folgende Art und Weise ermittelt: Es wurde für jede einzelne Versuchsperson eine PWC_{170}-Gerade gezeichnet (Abb. I) und aus diesen der adaequate Wattwert entsprechend für die Herzfrequenzen von 130 und 170 Schlägen/min genommen. Für alle 30 Probanden wurden die Mittelwerte dieser beiden Wattzahlen ermittelt und somit die gemeinsame PWC_{170}-Gerade gezeichnet.

Tabelle III a

Gruppe I (A vor B)	Methode A						Methode B					
	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W	175 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W	175 W
1. R.Wo	-	-	91	102	112	123	-	-	-	105	-	128
2. K.W.	98	110	122	139	-	-	-	115,5	-	143	-	-
3. W.D.	-	-	109	127	136	153	-	-	114,5	-	142	-
4. M.G.	-	-	91	107	119	134	-	-	-	106	-	138
5. A.H.	-	-	128	139	152	166	-	-	131	-	157	-
6. K.F.	-	100	107	118	129	-	-	-	108,5	-	137	-
7. B.U.	-	95	107	119	135	-	-	98,5	-	123	-	-
8. J.S.	-	-	99	109	123	134	-	-	115	-	132	-
9. R.Z.	-	110	121	134	144	-	-	107	-	132	-	-
10. K.S.	-	98	108	117	130	-	-	101	-	122	-	-
11. C.T.	-	130	139	149	160	-	-	130	-	151	-	-
12. S.S.	103	116	129	143	-	-	106,5	-	128	-	-	-
13. M.R.	107	124	140	153	-	-	110,5	-	114,5	-	-	-
14. C.C.	95	106	117	131	-	-	98,5	-	122	-	-	-
15. I.F.	-	-	88	100	107	118	-	-	-	100	-	124

Tabelle III b

Guppe II (B vor A)	Methode A						Methode B					
	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W	175 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W	175 W
1. W.M.	-	105	119	136	152	-	-	-	113	-	151	-
2. L.W.	88	103	114	130	-	-	92	-	121	-	-	-
3. E.S.	103	118	133	143	-	-	-	105,5	-	145	-	-
4. W.Z.	-	-	104	114	130	140	-	-	108	-	136	-
5. V.S.	-	104	117	128	138	-	-	107,5	-	129,5	-	-
6. J.M.	-	107	121	131	142	-	-	117	-	138,5	-	-
7. J.H.	-	97	114	134	152	-	-	100	-	141,5	-	-
8. W.S.	-	109	120	133	145	-	-	113	-	136	-	-
9. R.We.	-	93	108	123	139	-	-	91	-	126	-	-
10. M.N.	-	100	106	121	138	-	-	101	-	129	-	-
11. U.H.	104	119	133	152	-	-	108	-	138	-	-	-
12. Y.V.	96	105	114	127	-	-	99	-	116,5	-	-	-
13. G.G.	-	-	11o	120	130	141	-	-	108,5	-	132	-
14. G.B.	-	-	94	101	116	127	-	-	97	-	119	-
15. E.L.	-	105	115	125	139	-	-	106,5	-	130	-	-

Tabelle IV a

Gruppe I	PWC_{170} in Watt		PWC_{170} in Watt/kg		Differenz in %
	A	B	A	B	B-A
1. R. Wo	285	269	3, 75	3, 54	- 5, 9
2. K. W.	184	175	2, 83	2, 69	- 5, 1
3. W. D.	206	202	3, 12	3, 06	- 2, 0
4. M. G.	235	225	2, 87	2, 74	- 4, 4
5. A. H.	183	174	2, 93	2, 78	- 5, 2
6. K. F.	228	209	3, 21	2, 94	- 9, 1
7. B. V.	215	220	3, 12	3, 19	+ 2, 3
8. J. S.	251	261	3, 32	3, 46	+ 3, 8
9. R. Z.	204	201	3, 11	3, 07	- 1, 5
10. K. S.	241	239	3, 68	3, 65	- 0, 8
11. C. T.	175	170	2, 13	2, 07	- 2, 9
12. S. S.	177	189	2, 85	3, 05	+ 6, 3
13. M. R.	149	139	2, 33	2, 17	- 7, 2
14. C. C.	204	202	3, 58	3, 54	- 1, 0
15. I. F.	305	273	3, 72	3, 33	- 11, 7

Tabelle IV b

Gruppe II	PWC_{170} in Watt		PWC_{170} in Watt/kg		Differenz in %
	A	B	A	B	B - A
1. W. M.	180	175	2,65	2,57	- 2,9
2. I. W.	198	185	2,96	2,76	- 7,0
3. E. S.	170	156	2,48	2,28	- 9,0
4. W. Z.	230	209	3,24	2,94	- 10.0
5. V. S.	223	216	3,30	3,20	- 3,2
6. J. M.	213	197	3,64	3,37	- 8,1
7. J. H.	174	160	2,56	2,35	- 8,8
8. W. S.	202	200	3,21	3,17	- 1,0
9. R. We.	200	189	2,70	2,55	- 5,8
10. M. N.	208	199	2,93	2,80	- 4,5
11. U. H.	155	155	2,72	2,72	0
12. Y. V.	237	242	3,65	3,72	+ 2,1
13. G. G.	244	232	3,49	3,31	- 5,2
14. G. B.	269	266	3,32	3,28	- 1,1
15. E. L.	220	209	3,03	2,88	- 5,3

Tabelle V

	PWC_{170} in Watt/kg ± Standardabweichung		Differenz in %	Irrtumswahrscheinlichkeit
	Methode A	Methode B	B - A	
Gruppe I	3,10 ± 0,48	3,01 ± 0,47	- 3,0	$p > 0,50$
Gruppe II	3,05 ± 0,40	2,92 ± 0,41	- 4,4	$p > 0,30$
Gruppe I und II gemeinsam	3,08 ± 0,43	2,97 ± 0,43	- 3,7	$p > 0,30$

					A	B
Name:	S.	Datum:	2. 4. 73	PWC_{170}:	202	200
Vorname:	W.	Größe:	171 cm	Normalwert:		
geb.:	12. 10. 56	Gewicht:	63,0 kg	PWC_{170}/kg:	3,21	3,17

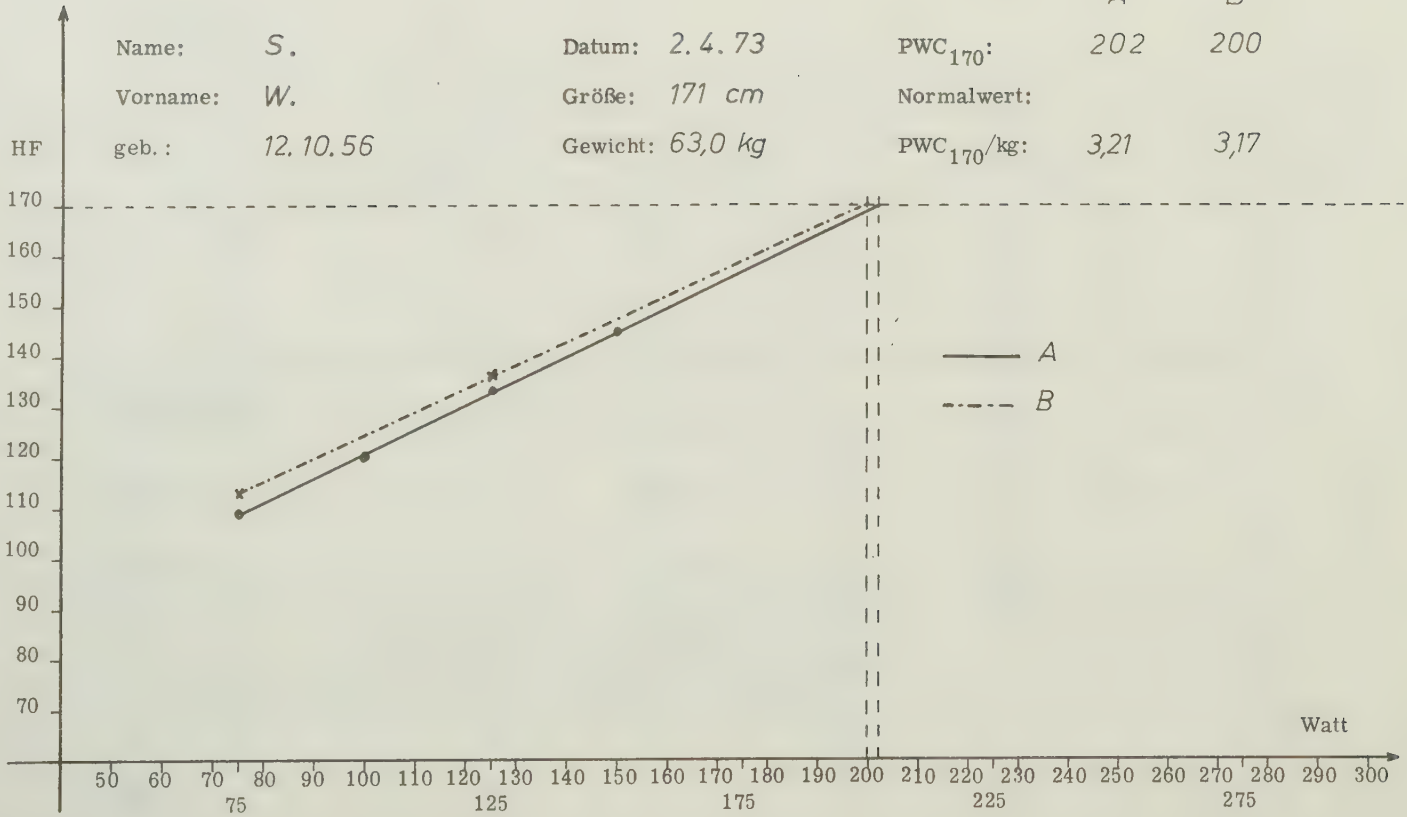

Abb. I

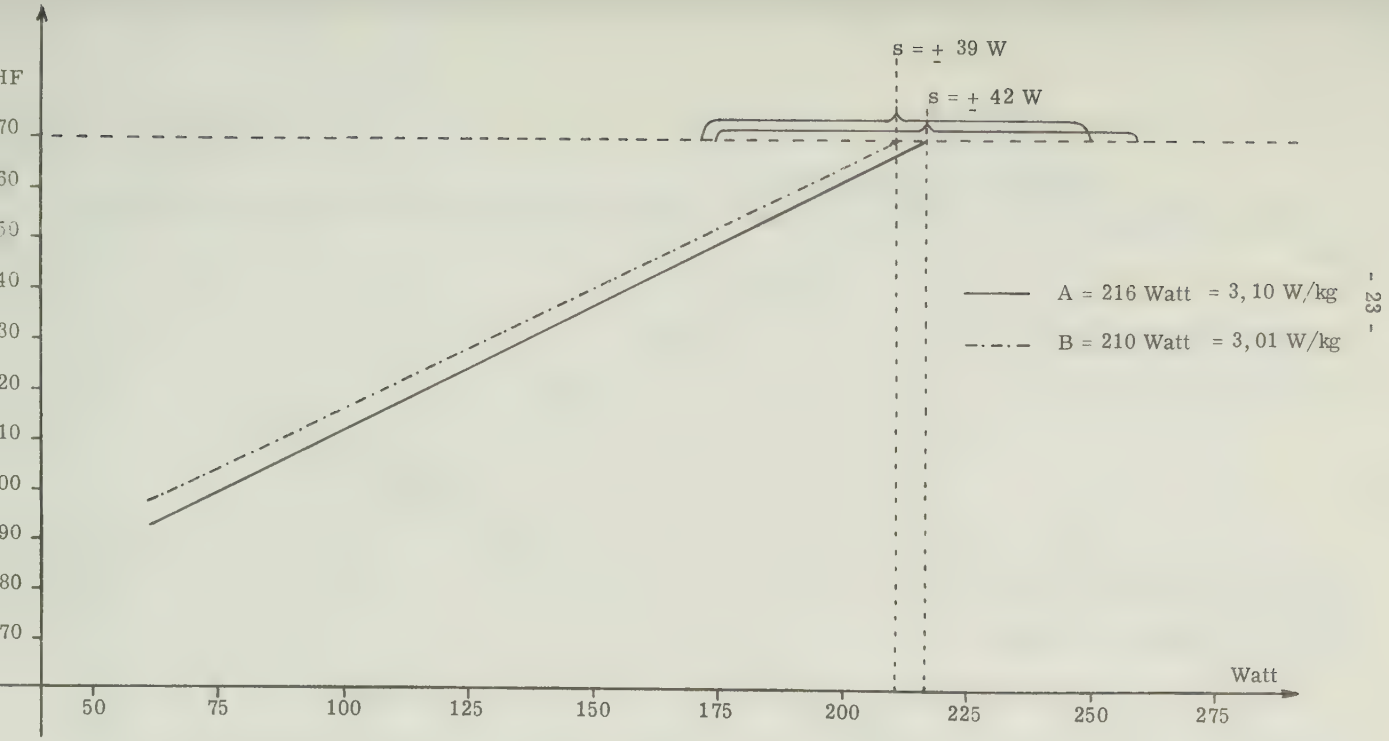
HF
70
60
50
40
30
20
10
00
90
80
70
s = ± 39 W
s = ± 42 W
A = 216 Watt = 3,10 W/kg
B = 210 Watt = 3,01 W/kg
Watt
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

Abb. II

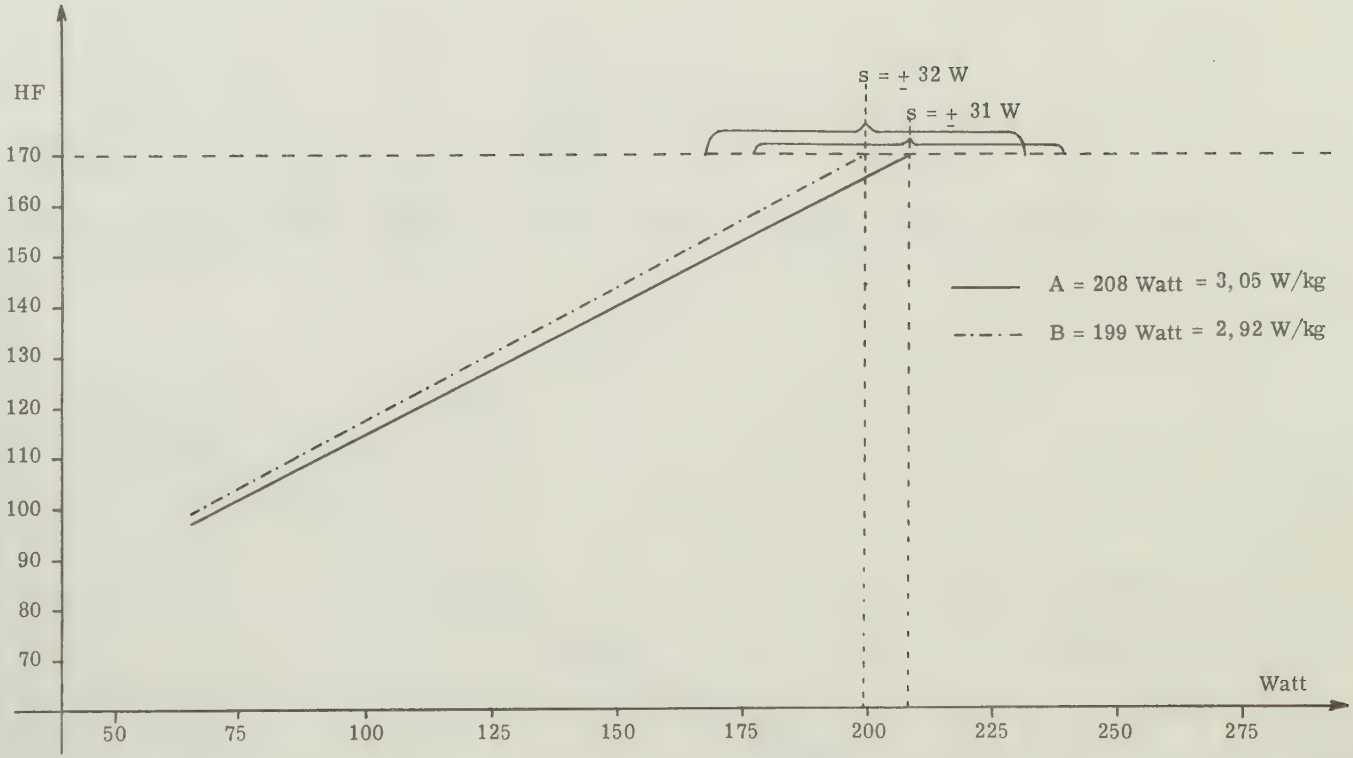
HF
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
s = ± 32 W
s = ± 31 W
A = 208 Watt = 3,05 W/kg
B = 199 Watt = 2,92 W/kg
Watt
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

Abb. III

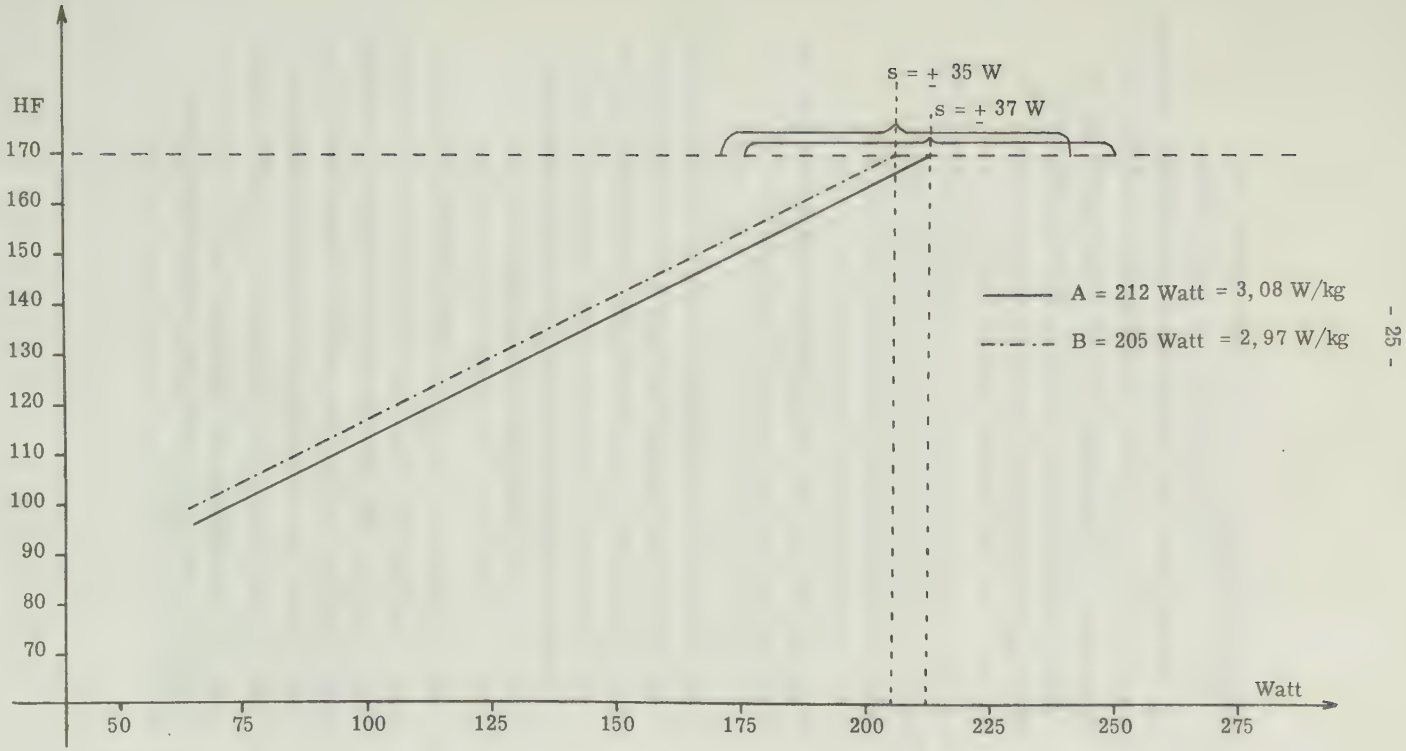
HF
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
s = ± 35 W
s = ± 37 W
A = 212 Watt = 3, 08 W/kg
B = 205 Watt = 2, 97 W/kg
Watt
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275

Abb. IV

4. Beurteilung der Ergebnisse

4.1 Bei 30 Probanden wurde zweimal mit unterschiedlichen Leistungsstufen die PWC_{170} ermittelt. Bei der Methode A wurden vier zweiminütige Leistungsstufen (25 Watt/2 min Steigerung) verwendet. Bei der Methode B wurde mit zwei sechsminütigen Leistungsstufen (50 Watt/6 min Steigerung) gearbeitet.

Die für 30 Probanden ermittelte PWC_{170} betrug bei
Methode A: 212 Watt bzw. 3,08 Watt/kg Körpergewicht,
Methode B: 205 Watt bzw. 2,97 Watt/kg Körpergewicht.

Es ergab sich also ein nicht signifikanter Unterschied ($p > 0,30$) von nur 7 Watt bzw. 0,11 Watt/kg Körpergewicht.

Da die Leistungsherzfrequenzen der Methode B, wie unten näher ausgeführt, sicher "steady state"-Bedingungen erfüllen, wurde die ermittelte PWC_{170} dieser Methode = 100 % gesetzt, um die Differenz beider Methoden in Prozenten auszudrücken. Die so ermittelte Differenz in % ergab einen geringen Unterschied von nur - 3,7 % (statistisch nicht signifikant).

4.2 Zur Bestimmung der PWC_{170} mit Hilfe der Methode A wurde die Herzschlagfrequenz am Ende der 2. Minute jeder Leistungsstufe verwendet. Die Herzschlagfrequenz befindet sich am Ende einer zweiminütigen Stufe noch nicht im "steady state". Daraus folgt, daß die mit zweiminütigen Leistungsstufen ermittelte PWC_{170} einen höheren Wert (bessere PWC_{170}) ergeben müßte, falls die verwendete Herzschlagfrequenz noch weit von der "steady state"-Leistungsherzschlagfrequenz entfernt wäre.

Da die Herzschlagfrequenz bei einer fixierten Leistung in einer parabolischen Form bis zum "steady state" ansteigt, ergab sich die Frage, an welchem Punkt dieser Kurve die Herzschlagfrequenz nach 2 Minuten angelangt war; denn die Herzschlagfrequenz nimmt in der 1. Minute schnell zu, um dann langsamer einen "steady state"-Wert zu erreichen. Um festzustellen, wie sich die Steigerung der Herzschlagfrequenz innerhalb der 1. und 2. Minute bei der Methode A verhielt, wurde der Mittelwert der Herzschlagfrequenz am Ende der 1. sowie 2. Minute errechnet. Für die 1. Minute der jeweiligen Leistungsstufe ergab sich eine aus 30 Probanden gemittelte Herzschlagfrequenz von 118,1 Schlägen/min und für die 2. Minute der jeweiligen Leistungsstufe von 120,6 Schlägen/min. Aus der geringen Steigerung der Herzschlagfrequenz von nur 2,5 Schlägen/min innerhalb der 2. Minute läßt sich folgern, daß sich die Leistungsherzschlagfrequenz am Ende der 2. Minute schon im Bereich des waagerechten Verlaufes der parabolischen Kurve befindet und somit nahezu einen "steady state"-Wert erreicht hat.

Die Leistungsherzschlagfrequenzen bei der Methode B erfüllten mit Sicherheit "steady state"-Bedingungen. Die gemittelten Leistungsherzschlagfrequenzen am Ende der 5. und 6. Minute jeder Leistungsstufe betrugen 120,3 bzw. 120,7 Schläge/min.

4.3 Der graphischen Darstellung der PWC_{170} aller 30 Versuchspersonen (Abb. IV) ist zu entnehmen, daß die PWC_{170}-Geraden beider Methoden parallel verlaufen und die Herzschlagfrequenzen der Methode A im ganzen Verlauf der Gerade niedriger liegen.

Obwohl eine Tendenz zu erkennen ist, daß die PWC_{170} der Methode A einen theoretischen höheren Wert ergibt (evtl. noch

nicht ganz "steady state"-Bedingung), empfiehlt sich diese Methode bei der geringen Differenz von nur - 3,7 % (unterhalb der Fehlerbreite der Methode) für Klinik und Praxis, da sie einen geringen Zeitaufwand benötigt.

4.4 Die mit Hilfe von 30 Probanden ermittelte PWC_{170} dieser Arbeit wurde mit den Ergebnissen einer Untersuchung von DRANSFELD und MELLEROWICZ (6) verglichen, die von hundert 20- bis 30-jährigen untrainierten Männern den Normalwert für die PWC_{170} ermittelten. Sie fanden als Mittelwert und für die Standardabweichung der PWC_{170} 3 Watt/kg Körpergewicht $\pm$ 0,5 Watt. Einen nahezu identischen Wert ergab die Untersuchung dieser Arbeit, nämlich für die

Methode A: 3,08 $\pm$ 0,43 Watt/kg Körpergewicht,

Methode B: 2,97 $\pm$ 0,43 Watt/kg Körpergewicht.

4.5 Beziehungen der PWC_{170} zur aeroben Leistungsbreite sind anzunehmen. ASTRAND (2) bestimmte bei 86 Versuchspersonen die Korrelation zwischen der Leistung, der Herzschlagfrequenz und der O_2-Aufnahme und entwickelte ein Nomogramm, das schon bei Leistungen im submaximalen Bereich eine Aussage über die maximale O_2-Aufnahme gestattet, wenn man die Leistungsherzschlagfrequenz in Beziehung zur geleisteten Arbeit in mkp/min setzt. Mit Hilfe von mehreren Leistungsherzschlagfrequenzen und den entsprechenden geleisteten Wattzahlen aus dem PWC_{170}-Diagramm in Abb. IV wurde mit dem Astrand-Nomogramm indirekt die maximale O_2-Aufnahme bestimmt. Dieser Wert lag bei der Methode A bei 3,6 1/min und war konstant innerhalb des Bereiches von 113 bis 212 Watt und der entsprechenden Herzschlagfrequenz von 120 bis 170 Schlägen/min.

Für die Methode B ergab sich wegen des parallelen Verlaufes der beiden PWC_{170}-Geraden folglich das gleiche konstante Ergebnis. Der Wert für die indirekte O_2-Aufnahme betrug hier 3,5 l/min für die Leistung von 106 bis 205 Watt und der entsprechenden Herzschlagfrequenz von 120 bis 170 Schlägen/min.

Daraus lassen sich zwei Dinge folgern: Erstens, daß die Durchführung zur Ermittlung der PWC_{170} bei dieser Arbeit exakt gehandhabt wurde, und zweitens, daß es möglich sein müßte, auch mit Hilfe der Methode A durch einen bestimmten Korrekturfaktor indirekt die maximale O_2-Aufnahme zu bestimmen.

4.6 An dieser Stelle sei die Diskussion über die mit Hilfe verschiedener Leistungsstufen ermittelte PWC_{170} noch einmal aufgenommen. Da die Leistungsherzschlagfrequenz von der Stabilisierungszeit abhängig ist, könnte man eine niedrige Leistungsherzschlagfrequenz (und eine bessere PWC_{170}) erwarten, wenn man mit Leistungsstufen kurzer Dauer arbeitet. FRANZ (8) verglich bei 35 Probanden die mit der Methode A (Leistungsstufe 25 Watt/2 min) ermittelte PWC_{170} mit der $PWC_{170'}$ die er mit der Leistungsstufe von 10 Watt/1 min und 1 Watt/kg Körpergewicht/3 min gewonnen hatte. Er konnte nachweisen, daß die maximale Differenz der PWC_{170} dieser drei Methoden nur 4,03 % betrug. Da die PWC_{170} dieser Arbeit bei der Methode A einen nur 3,7 % höheren Wert ergab als bei der Methode B, bei der ja die PWC_{170} aus "steady state"-Herzschlagfrequenzen ermittelt wurde, kann man folgern, daß sich bei der Ermittlung der PWC_{170} mit kurzen (2-minütigen Leistungsstufen) oder mit langen (6-minütigen Leistungsstufen) kein signifikanter Unterschied ergibt, wenn man mit adaequaten Wattstufen arbeitet. Will man erklären, warum die mit kurzen oder langen Leistungsstufen ermittelte PWC_{170} ebenfalls einen exakten Wert

ergibt, so darf nicht außer acht gelassen werden, daß eine fortlaufende ansteigende Leistung vollbracht wird. Am Ende der ersten Stufe ist die Herzschlagfrequenz schon annähernd leistungsadaptiert, und so kann sich während der 2. und 3. Leistungsstufe eine für die Wattzahl adaequate Herzschlagfrequenz einstellen. Somit gewährleisten auch einminütige und zweiminütige Leistungsstufen eine für die Herzschlagfrequenz ausreichende Stabilisierungszeit.

4.7 Als internistische Untersuchung eignet sich die Methode A wegen des geringen Zeitaufwandes zur Ermittlung der PWC_{170}. Gegen die Methode B spricht nicht nur der große Zeitaufwand, sondern auch die unter Umständen zu lange und zu große Belastung, wenn es sich um Patienten mit schwacher cardio-pulmonaler Leistungsfähigkeit handelt. Bei Personen mit großer cardio-pulmonaler Leistungsbreite empfiehlt sich wiederum nicht die Leistungsstufe von 10 Watt/1 min, weil die aufeinander folgenden Leistungen einen zu geringen Unterschied aufweisen und somit die Fehlerbreite der Watteinstellung am Ergometer und der Herzschlagfrequenzmessung stärker ins Gewicht fällt. Diese Leistungsstufe empfiehlt sich jedoch für Personen mit zu erwartender geringer Leistungsfähigkeit und für Herzpatienten.

Wegen der Zuverlässigkeit, Vergleichbarkeit und ihres geringen Zeitaufwandes (Methode A) gilt die Bestimmung der PWC_{170} sowohl für eine erste orientierende Untersuchung, für die Kontrolle eines Trainingserfolges als auch in der Rehabilitation als adaequate Methode zur Bestimmung der cardio-corporalen Leistungsbreite. Wegen des geringen apparativen Aufwandes kann sie gleichfalls in Klinik und Praxis Verwendung finden.

5. Zusammenfassung

Es wurde an dreißig 16- bis 38-jährigen männlichen Probanden die PWC_{170} mit unterschiedlichen Leistungsstufen bestimmt.

Methode A: 4 zweiminütige Leistungsstufen mit je 25 Watt/2 min Steigerung.

Methode B: 2 sechsminütige Leistungsstufen mit je 50 Watt/6 min Steigerung.

Als Leistungsherzschlagfrequenz der Methode A wurde der jeweils am Ende der 2. Minute jeder Leistungsstufe gewonnene Wert und für die Methode B der Mittelwert der Leistungsherzschlagfrequenz am Ende der 5. und 6. Minute jeder Leistungsstufe verwendet. Es ergab sich folgende gemittelte PWC_{170} einschließlich Standardabweichung für die

Methode A: $3,08 \pm 0,43$ Watt/kg Körpergewicht.
Methode B: $2,97 \pm 0,43$ Watt/kg Körpergewicht.

Das entspricht einer Differenz von nur -3,7 %.

Folgende Fragen wurden in der Beurteilung der Untersuchungsergebnisse erörtert:

1. Das Verhalten der HF bei verschiedenen Leistungsstufen in bezug auf Dauer und Intensität;
2. die Ergebnisse im Vergleich zu Normalwerten;
3. die Korrelation zwischen der PWC_{170} und der maximalen O_2-Aufnahme;
4. die PWC_{170}, ermittelt mit verschiedenen Leistungsstufen in bezug auf die Vergleichbarkeit und Verwendbarkeit.

6. Literatur

1. ASTRAND, P.-O.: Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age. Munksgaard, Copenhagen, 1952.

2. ASTRAND, P.-O.: Work Tests with the Bicycle Ergometer Monark, Varberg, Schweden, 1965.

3. ASTRAND, P.-O.: Progress in Ergometry. In: I. Internationales Seminar für Ergometrie. Ergon-Verlag, Berlin, 1965.

4. ASTRAND, P.-O., K. RODAHL: Textbook of Work Physiology. McGraw-Hill, Inc. New York, 1970.

5. CARLSTEN, A., G. GRIMBY: The Circulatory Response to Muscular Exercise in Man. Charles C. Thomas Publisher, Illinois/USA, 1966.

6. DRANSFELD, B., H. MELLEROWICZ: Untersuchungen über das Verhalten der Herzschlagfrequenz während und nach körperlichen Leistungen. Int. Zschr. angew. Physiol. 16,464 (1957).

7. ECKERMANN, P., H.P. MILLAHN: Der Einfluß der Tretfrequenz auf die Sauerstoffaufnahme und die Herzfrequenz bei konstanter Leistung am Fahrradergometer. Int. Zschr. angew. Physiol. 23, 340 (1967).

8. FRANZ, I.: Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der PWC_{170}. Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin, 1973.

9. FREUDENBERG, K.: Grundriß der medizinischen Statistik. Schattauer-Verlag, Stuttgart, 1962.

10. GRIMBY, G.: Circulatory and respiratory adaptation to submaximal and maximal exercise in trained and untrained middle-aged men. In: II. Internationales Seminar für Ergometrie. Ergon-Verlag, Berlin, 1967.

11. HOLLMANN, W.: Kriterien der körperlichen, cardialen und pulmonalen Leistungsgrenzen. In: I. Internationales Seminar für Ergometrie. Ergon-Verlag, Berlin, 1965.

12. MELLEROWICZ, H.: Ergometrie. Grundriß der medizinischen Leistungsmessung für die Innere Medizin, Arbeitsmedizin, Sportmedizin, Versorgungsmedizin und Versicherungsmedizin. Urban & Schwarzenberg-Verlag, München-Berlin, 1962.

13. MELLEROWICZ, H.: Praktische Ergometrie. Der Landarzt 32, 1553 (1968).

14. MELLEROWICZ, H.: Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung. In: I. Internationales Seminar für Ergometrie. Ergon-Verlag, Berlin, 1965.

15. MESSIN, R.: The Practice and Limitation Factors of Ergometric Tests. In: Internationales Seminar für Ergometrie. Ergon-Verlag, Berlin, 1965.

16. MÜLLER, E. A.: Die ärztliche Beurteilung der körperlichen Dauerleistungsfähigkeit im Beruf. Dtsch. med. Wschr. 86, 2272 (1961 II).

17. REINDELL, H., K. KÖNIG, H. ROSKAMM: Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. Thieme-Verlag, Stuttgart, 1967.

18. WAHLUND, H.: Determination of Physical Working Capacity. Acta med. scand. 132. Suppl. 215 (1948).

Herrn Professor Dr. med. H. Stoboy, Leiter der Abteilung Klinische Forschung der Orthopädischen Klinik der Freien Universität Berlin danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und die Beratung in jeder Phase dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank für das Ermöglichen der Untersuchungen und die Hilfe bei der Durchführung gilt Herrn Professor Dr. med. H. Mellerowicz, Leiter des Instituts für Leistungsmedizin Berlin und seinen Mitarbeitern.

Dem Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit, der Carl Duisberg Gesellschaft und der Zentralstelle für Arbeitsvermittlung bin ich für die Genehmigung meines Aufenthaltes in Deutschland und die finanzielle Unterstützung zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Als Sohn des Redakteurs Chinda Chintanaseri und seiner Ehefrau Tasanee Chintanaseri, geb. Rochanasen, wurde ich am 14. März 1941 in Bangkok geboren.

Grund- und Oberschulbesuch in Bangkok, abgeschlossen mit der Hochschulreife 1958. Im gleichen Jahr Beginn des Medizinstudiums an der Universität für Medizinische Wissenschaften in Bangkok. Nach dem Staatsexamen 1965 Medizinalassistent in der Universitätsklinik für 1 Jahr. Ab 1966 Tätigkeit als Arzt, Forscher, Lehrer im Sportwissenschaftlichen Zentrum, Bangkok.

Im Februar 1972 kam ich als Stipendiat des BMZ nach Deutschland. Nach dem viermonatigen Sprachkurs am Goethe-Institut in Passau begann ich mit meiner sportärztlichen Weiterbildung und Forschungstätigkeit im Institut für Leistungsmedizin, Berlin, wo ich seitdem beschäftigt bin.

B. Ladewig · Dissertationsdruck · 1 Berlin 12 · Pestalozzistraße 106
Tel.: 312 88 85 · 313 81 98